

MECHANICAL OPTICAL SWITCH

Patent Number: JP2001174725
Publication date: 2001-06-29
Inventor(s): INOUE YASUYUKI; OBA NAOKI; ENBUTSU KOUJI
Applicant(s): NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
Requested Patent: ☐ JP2001174725
Application Number: JP19990360397 19991220
Priority Number(s):
IPC Classification: G02B26/08; G02B6/30
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inexpensive mechanical optical switch which is made small-sized as the whole and is easy to adjust and has a high switching speed.
SOLUTION: The mechanical optical switch 1 is comprised of an input optical fiber 2, a plane optical waveguide plate 5 arranged in a position facing an output end face 2a of the input optical fiber, plural output optical fibers 6 fixed and connected to this plane optical waveguide plate, and a moving means which relatively moves positions of the input optical fiber and the plane optical waveguide, and the relative position of the plane optical waveguide plate to the input optical fiber is mechanically changed to switch an optical path. The plane optical waveguide plate is so constituted, that setting intervals of input optical waveguide ports 5a formed in a position facing the input optical fiber may be shorter than those of output optical waveguide ports 5b formed in positions where output optical fibers are fixed and connected.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

3

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-174725
(P2001-174725A)

(43) 公開日 平成13年6月29日 (2001.6.29)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 B 26/08
6/30

識別記号

F I

G 0 2 B 26/08
6/30

テ-マ-ト*(参考)

F 2 H 0 3 7
2 H 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-360397

(22) 出願日 平成11年12月20日 (1999. 12. 20)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 井上 靖之

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 大庭 直樹

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100064414

弁理士 磯野 道造

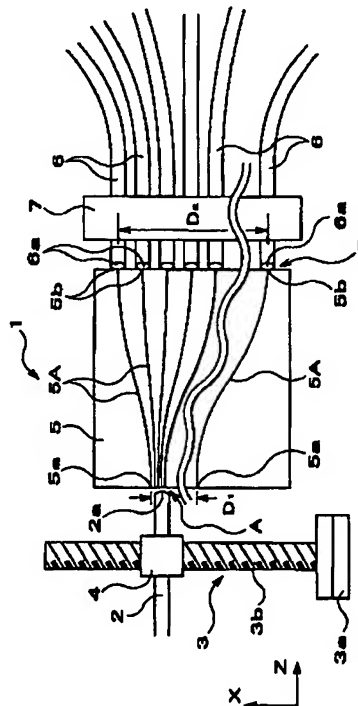
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 メカニカル光スイッチ

(57) 【要約】

【課題】 光スイッチの全体を小さく構成すると共に、調整作業が容易で、かつ、スイッチの切り換え速度も速く、さらに、コストも安価なメカニカル光スイッチを提供することを目的とする。

【解決手段】 メカニカル光スイッチ1は、入力光ファイバ2と、この入力光ファイバの出力端面2aに対向する位置に配置した平面光導波路板5と、この平面光導波路板に固定接続された複数の出力光ファイバ6と、前記入力光ファイバと、前記平面光導波路の位置を相対的に移動させるための移動手段3とから構成され、前記入力光ファイバと前記平面光導波路板との相対位置を機械的に変化させることにより光路の切り替えを行うメカニカル光スイッチであって、前記平面光導波路板は、前記入力光ファイバと対向する位置に形成した入力光導波路口5aの設置間隔が、前記出力光ファイバを固定接続する位置に形成した出力光導波路口5bの設置間隔より小さく形成するように構成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力光ファイバと、この入力光ファイバの出力端面に対向する位置に配置した平面光導波路板と、この平面光導波路板に固定接続された複数の出力光ファイバと、前記入力光ファイバと、前記平面光導波路の位置を相対的に移動させるための移動手段とから構成され、

前記入力光ファイバと前記平面光導波路板との相対位置を機械的に変化させることにより光路の切り替えを行うメカニカル光スイッチであって、

前記平面光導波路板は、前記入力光ファイバと対向する位置に形成した入力光導波路口の設置間隔が、前記出力光ファイバを固定接続する位置に形成した出力光導波路口の設置間隔より小さくなるように形成したことを特徴とするメカニカル光スイッチ。

【請求項2】 前記平面光導波路板は、その複数を層状に重ねて配置すると共に、前記移動手段が3次元方向に作動できる構成であることを特徴とする請求項1に記載のメカニカル光スイッチ。

【請求項3】 前記平面光導波路板は、複数の層状に前記入力光導波路口および前記出力光導波路口を形成すると共に、前記移動手段が3次元方向に作動できる構成であることを特徴とする請求項1に記載のメカニカル光スイッチ。

【請求項4】 前記入力光ファイバおよび前記出力光ファイバと、前記平面光導波路板との接合部分に、反射を防ぐための反射防止機構をそれぞれ有することを特徴とする請求項1ないし3のいずれか一項に記載のメカニカル光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信あるいは光情報処理用の光部品に関するものであり、特に、光路を機械的動作により切り替えるためのメカニカル光スイッチに関するものである。

【従来の技術】

【0002】従来、光通信などで使用されるメカニカル光スイッチは、様々な構成のものが提案されている。その一例を図4に示す。すなわち、メカニカル光スイッチ50は、入力光ファイバ51と、この入力光ファイバ51の端部を固定部52を介して保持し水平方向に往復移動させる移動機構53と、前記入力光ファイバ51の往復移動する位置に250 μ mごとに固定部55を介して並べて配置された出力光ファイバ54と、入力光ファイバ51、移動機構53ならびに出力光ファイバ54などの各構成全体の温度制御をおこなうための温度制御機構56とから構成されていた。

【0003】そして、メカニカル光スイッチ50は、損失再現性を通常求められる ± 0.5 dB以下にするため、移動する入力光ファイバの位置の精度が、X、Y面

内で $\pm 1 \mu$ m以下にする必要があった。そのため、例えば1 \times 64の光スイッチを実現するには、16mmの可動距離が必要であり、位置誤差が $\pm 1 \mu$ m以下の駆動装置により入力光ファイバを移動させる構成としている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来のメカニカル光スイッチでは、以下に示すような問題点が存在していた。

① 入力光ファイバの移動を行う駆動装置は、位置誤差が $\pm 1 \mu$ m以下を要求されるため、その精度誤差の比は、 6×10^{-5} となり非常に高精度で高価なものが必要となった。

【0005】② さらに、 6×10^{-5} という精度誤差は、各構成部材の熱膨張係数と同じレベルであるため、温度制御機構により常に光スイッチ全体を温度制御する必要が生じた。

【0006】③ 出力光ファイバは、入力光ファイバと直接対面する構成であり、250 μ mごとに並べられているため、入力光ファイバの移動距離が少なくとも、16mm以上必要となり光スイッチのサイズが大きくなってしまった。また、移動距離が大きいことから、振動により発生する損失変動も大きくなってしまった。

【0007】④ 出力光ファイバを、入力光ファイバの対向する位置に一定に並べる際は、その位置精度が要求されているが、数 μ m程度の誤差を生じる場合がある。そのため、誤差を生じたときは、その誤差を作動する入力光ファイバ側を制御することで吸収することになり、その作動制御の調整が面倒であった。

【0008】本発明は、前記の問題点に鑑み創案されたものであり、光スイッチの全体を小さく構成すると共に、調整作業が容易で、かつ、スイッチの切り換え速度も速く、さらに、コストも安価なメカニカル光スイッチを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記の問題点に鑑み創案されたものであり、メカニカル光スイッチは、入力光ファイバと、この入力光ファイバの出力端面に対向する位置に配置した平面光導波路板と、この平面光導波路板に固定接続された複数の出力光ファイバと、前記入力光ファイバと、前記平面光導波路の位置を相対的に移動させるための移動手段とから構成され、前記入力光ファイバと前記平面光導波路板との相対位置を機械的に変化させることにより光路の切り替えを行うメカニカル光スイッチであって、前記平面光導波路板は、前記入力光ファイバと対向する位置に形成した入力光導波路口の設置間隔が、前記出力光ファイバを固定接続する位置に形成した出力光導波路口の設置間隔より小さくなるように形成するように構成した。

【0010】このように構成することで、入力光ファイバは、各出力光ファイバへの切り換え動作を行う場合、

平面光導波路板に設けた設置間隔の小さな入力光導波路口の間を移動すれば良く、入力光ファイバが移動手段により移動する距離が小さくて済む。また、出力光ファイバは、平面光導波路板に固定接続されるため、直接入力光ファイバと対向させて並設する場合に比べ、取付作業が容易になる。

【0011】前記平面光導波路板の複数を層状に重ねて配置すると共に、前記移動手段が3次元方向に作動できる構成である前記構成のメカニカル光スイッチとした。このように構成することで、メカニカル光スイッチ全体の構成を設置される部位に対応させて構成でき、また、コンパクトに構成することができる。

【0012】前記平面光導波路板に複数の層状に前記入力光導波路口および前記出力光導波路口を形成すると共に、前記移動手段が3次元方向に作動できる構成である前記構成のメカニカル光スイッチとした。このように構成されることで、平面光導波路板は一体に形成されることから、複数板を重ねて構成する平面光導波路板の構成に比べて各平面光導波路板の位置調整を必要としない。

【0013】前記入力光ファイバおよび前記出力光ファイバと、前記平面光導波路板との接合部分に、反射を防ぐための反射防止機構をそれぞれ有する前記構成のメカニカル光スイッチとして構成した。このように構成することで、正確な光信号の伝達を行うことができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。図1は第1の実施の形態を示すメカニカル光スイッチを表す模式図、図2は第2の実施の形態を示すメカニカル光スイッチを表す模式図、図3は第3の実施の形態を示すメカニカル光スイッチを表す模式図である。

【0015】図1に示すように、メカニカル光スイッチ1は、入力光ファイバ2と、この入力光ファイバ2を、入力光ファイバ固定部4を介して移動する入力光ファイバ移動装置3と、入力光ファイバ2の出力端面2aに対向する位置に、その基端側を配置する平面光導波路板5と、この平面光導波路板5の他端側に出力光ファイバ固定部7を介して固定接続される複数（例えば64チャンネル）の出力光ファイバ6とから構成されている。

【0016】入力光ファイバ移動装置3は、X方向駆動部3bとZ方向駆動部3aとを備えており、パルスモータ（リニアモータ）などを使用して精密な入力光固定部4の移動を行っている。

【0017】平面光導波路板5は、出力光ファイバ6と同数の光導波路5Aが形成されている。そして、その光導波路5Aは、入力光ファイバ2の出力端面2aに対向する基端に、各入力光導波路口5aを有すると共に、その他端に各出力光ファイバ6の入力端面6aを固定接続する出力光導波路口5bを有している。そして、入力光導波路口5aは、出力光導波路口5bの設置間隔 D_2 より

りもその設置間隔 D_1 が狭くなるように形成されている。例えば、その設置間隔は、入力光導波路口5aが、コア中心から $25\mu\text{m}$ 間隔で形成しており、また、出力光導波路口5bが、コア中心から $250\mu\text{m}$ 間隔で形成されている。

【0018】入力光ファイバ2は、そのコアおよび平板光導波路板5の入力光導波路口5aであるコアが、それぞれ $10\mu\text{m}$ 前後であるため、入力光導波路口5a中心から $25\mu\text{m}$ 間隔で設置されることで隣り合う入力光導波路口5aとの干渉は起こらないだけの間隔は確保されている。もちろん、コアとの関係で光の干渉が起こらなければ、さらに近接させて入力光導波路口5aの間隔を設定しても良い。また、光の干渉が生じる場合は、入力光導波路口5aの設置間隔を $30\sim 50\mu\text{m}$ など適切な間隔に設定できる。そして、平面光導波路板5の光導波路5Aは、マスクを使用して露光作業により形成されるため、その位置精度は非常に高く安定している。

【0019】入力光ファイバ2の出力端面2aと入力光導波路口5aの接合部分には、反射を防ぐための反射防止機構Aを有している。そして、この反射防止機構Aは、入力光導波路口5aの端面を直角に研磨し、また、入力光ファイバ2の出力端面2aを $R=5\text{mm}$ の球面研磨を行い、両者を 100mN の圧力で当接させるように構成している。

【0020】また、各出力光ファイバ6の各入力端面6aと出力光導波路口5bの接合部分には、反射を防ぐための反射防止機構Bを有している。そして、この反射防止機構Bは、出力光導波路口5bの端面と、出力光ファイバ6の入力端面6aとをそれぞれ8度の角度で斜めに研磨して、その接続部分を水平となるように接着剤で固定接続する構成としている。

【0021】なお、メカニカル光スイッチ1は、材料に依存しないため、平面光導波路板5として、石英系ガラス光導波路板や、また、入力光ファイバ2および出力光ファイバ6とし、石英ガラス光ファイバを使用することや、さらに、ポリマー光導波路板や、ポリマー光ファイバを使用しても良い。さらに、シングルモード光導波路板と、シングルモード光ファイバや、また、マルチモード光導波路板と、マルチモード光ファイバであっても良い。

【0022】つぎに、メカニカル光スイッチ1の作用を説明する。入力光ファイバ2は、図示しない制御部からの信号により入力光ファイバ移動3を介して所定位置に移動される。移動する場合は、はじめに、入力光ファイバ2の出力端面2aが、Z方向駆動部3aにより、すでに当接している入力光導波路口5aから後方（Z方向）に引き離され、かつ、X方向駆動部3bによりX方向に送られ、所定位置の入力光導波路口5aの正面に移動する。そして、再び、入力光ファイバ2の出力端面2aは、Z方向駆動部3aを介して前方（Z方向）に移動さ

せられ、100mNの圧力で入力光導波路口5aに互いに当接するようになる。このようなZ方向の移動およびX方向の移動を繰り返すことでメカニカルに光スイッチの切り換えを行っている。

【0023】なお、入力光ファイバ2の出力端面2aのX方向への移動は、各入力光導波路口5aの設置間隔が $25\mu\text{m}$ であるため、最長であっても全長間隔 D_1 が 1.6mm となり従来のものと比べて $1/10$ で良いことになる。そのため、入力光ファイバ2は、移動距離が小さくて良いことにより、スイッチ速度も高速（従来の $1/2$ ）にできる。また、入力光ファイバ2の出力端面2aを入力光導波路口5aに当接する手法は、反射を制御できるのみならず、振動により発生していた損失変動を抑制する上でも有効である。さらに、従来必要とされていたスイッチ全体の温度調整機構を使用することがなく、スイッチ全体のサイズを小さくすることができる。

【0024】つぎに、図2に示すように本発明である第2の実施の形態を説明する。なお、図2に示すメカニカル光スイッチ10は、図1で説明した平面光導波路板を複数Y方向に重ねて構成されているため、特に、図1の構成と異なる部分について説明し同じ構成については説明を省略する。

【0025】メカニカル光スイッチ10は、入力光ファイバ2を入力光ファイバ固定部4により、入力光ファイバ移動機構13により3次元方向であるX方向、Z方向、Y方向に移動できるように構成されている。そして、入力光ファイバ2の出力端面2aに対向する位置に平面光導波路板5をフィルムにより形成してY方向に複数重ねて（図面では8枚）層状平面光導波路板15を構成している。この層状平面光導波路板15は、その入力光導波路口5aが形成されている基端側を接着剤などの接着手段により貼り合わせて構成されており、また、出力光導波路口5bが形成されている他端側では、各出力光ファイバ6が固定接続可能になるように互いに離隔するように構成されている。

【0026】層状平面光導波路板15は、ここでは8チャネルの平面光導波路板5を8枚重ね合わせて構成している。各平面光導波路板5は、クラッド材料に紫外線硬化エポキシ樹脂、コア材料にポリメチルメタアクリレート（PMMA）を用いてシリコン基板上（図示せず）に厚み $25\mu\text{m}$ のフィルム光導波路を作成した後、そのシリコン基板（図示せず）から剥がしたものをここでは使用した（フィルム光導波路作成方法は、例えば、“Flexiblesingle-mode polymer waveguides”（A.Kaneko et al., Technical Digest of 5th Microoptics Conference, pp. 234-237, 1995）に詳しく記載されている）。

【0027】入力光ファイバ移動機構13は、X方向駆動部3aおよびZ方向駆動部3bからなる入力光ファイバ移動装置3をY方向駆動部3cによりY方向に移動自在となるように構成されている。

【0028】つぎに、メカニカル光スイッチ10の作用を説明する。入力光ファイバ移動機構13に、入力光ファイバ2を移動するための信号が送られて来ると、はじめに、Z方向駆動部3bの作動により入力光ファイバ固定部4を介して、入力光ファイバ2の出力端面2aが後方（Z方向）に移動する。そして、入力光ファイバ2は、所定位置の入力光導波路口5aの正面までX方向駆動部3aあるいはY方向駆動部3cを介してX方向あるいはY方向に移動させられ、再び、Z方向駆動部3bにより所定位置の入力光導波路口5aに当接するように前方（Z方向）に移動してスイッチの一連の切り換え動作を終了する。

【0029】このように層状平面光導波路板15を構成とすることで、入力光ファイバ2の移動距離は、X方向とY方向にそれぞれ $175\mu\text{m}$ あれば、 1×64 スイッチを構成することができる。

【0030】つぎに、図3に示すように本発明である第3の実施の形態を説明する。なお、図1で説明した反射防止機構A、Bなどその他同じ構成については、説明を簡略化して異なる部分について図3を参照して詳述する。メカニカル光スイッチ20は、入力光ファイバ22と、この入力光ファイバ22の出力端面22aを、入力固定ファイバ固定部24を介して三次元方向に移動させる入力光ファイバ移動機構33と、平面光導波路板25と、この平面光導波路板25に固定接続される出力光ファイバ26とから構成されている。

【0031】平面光導波路板25は、積層して各光導波路25Aが複数多段（図面では4行4段）に形成されており、その基端側で入力光ファイバ22の出力端面22aに対向する位置に、入力光導波路口25aを形成し、また、その他端側に各出力光ファイバ26を接続するための出力光導波路口25bが形成されている。

【0032】この平面光導波路板25は、シリコン基板上（図示せず）に、クラッド材料として紫外線硬化エポキシ樹脂、コア材料にポリメチルメタアクリレート（PMMA）を用いて4層に光導波路板を作製した。平面光導波路板25の作製方法は、「導波路型光非線形素子」（平成6年特許出願公開第214275号公報）に準じている。入力光導波路口25aは、X方向とY方向に $25\mu\text{m}$ 間隔の升目状に並設されている。さらに、出力光導波路口25bは、X方向に $250\mu\text{m}$ 間隔で、かつ、Y方向に $25\mu\text{m}$ 間隔で各層ごとに離隔して配置されており、ここでは、4列を階段状にY方向に段差をつけて並設している。そして、同じように平面光導波路板25に、入力光導波路口25aおよび出力光導波路口25bを積層して形成することで、 1×64 チャネルを構成している。

【0033】入力光ファイバ移動機構33は、X方向駆動部23a、Z方向駆動部23bからなる入力光ファイバ移動装置23を、Y方向駆動部33によりY方向に移

動するように構成されている。

【0034】前記のように構成されたメカニカル光スイッチ20は、入力光ファイバ移動機構33の作動により入力光ファイバ22の出力端面22aを、所定位置の平面光導波路板25の入力光導波路口25aに、適宜Z方向に移動して離隔、X方向またはY方向に移動して位置を特定し、さらにZ方向に移動して当接させることで光スイッチの切り換え動作を行う構成としている。このように入力光導波路口の設置間隔 D_1 を出力光導波路口25bの設定間隔 D_2 より小さくすることで、ここではX方向に $375\mu\text{m}$ およびY方向に $75\mu\text{m}$ の移動により 1×64 スイッチを構成することができる。

【0035】なお、前記した移動装置および移動機構は、入力光ファイバの出力端面を、入力光ファイバ固定部を介して適切に移動させることができるものであれば、特に限定されるものではない。また、前記実施の形態では、入力光ファイバが移動するように構成したが、平面光導波路板を移動させる構成とすることや、入力光ファイバおよび平面光導波路板の両者を移動させる構成としても良い。そして、平面光導波路板の材質および形成方法についても入力光導波路口および光導波路ならびに出力光導波路口が形成できるものであれば、特に限定されるものではない。さらに、スイッチの数もここでは 1×64 スイッチをその一例として説明したが、このスイッチ数より多くても少なくとも良く、特に、そのスイッチ数が多い場合に都合が良い。

【0036】

【発明の効果】本発明は、以上のように構成しているため以下の優れた効果を奏する。

① メカニカル光スイッチは、入力光ファイバと出力光ファイバとを平面光導波路板を介してスイッチ操作を行う構成にするため、入力光ファイバの移動距離が従来のものと比べて $1/10$ 以下に小さくすることができる。

【0037】そのため、入力光ファイバの移動誤差を 6×10^{-5} から 6×10^{-4} と一桁緩和でき、精密な移動装置を必要とすることがなく、また、温度制御機構も必要としないことから装置全体も小さく、かつ、操作速度も速い構成とすることができる。また、出力光ファイバは、平面光導波路板に固定接続されることから、出力光ファイバの整列精度を入力光ファイバの移動により調整する必要がなく、調整作業上でも優れている。さらに、入力光ファイバが平面光導波路板に当接しているた

め、振動による損失変動を抑制する上でも有効な構成である。

【0038】② メカニカル光スイッチは、平面光導波路板を層状に重ねて構成することが可能となるため、装置全体の構成をコンパクトにでき、かつ、大規模な光スイッチの構成を行う場合に入力光ファイバの移動距離が小さくて済み、かつ切り換え速度も速い。

【0039】③ メカニカル光スイッチは、平面光導波路板に積層して入力光導波路を多段に形成する構成であるため、各入力光導波路口および光導波路ならびに出力光導波路口を精度が良く形成することができる。

【0040】④ メカニカル光スイッチは、入力光ファイバおよび出力光ファイバと、平面光導波路板の入力光導波路口および出力光導波路口との接合部分に、反射防止手段を備えていることから、 -50dB にまで反射を防止することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態を示すメカニカル光スイッチを表す模式図である。

【図2】 本発明の第2の実施の形態を示すメカニカル光スイッチを表す模式図である。

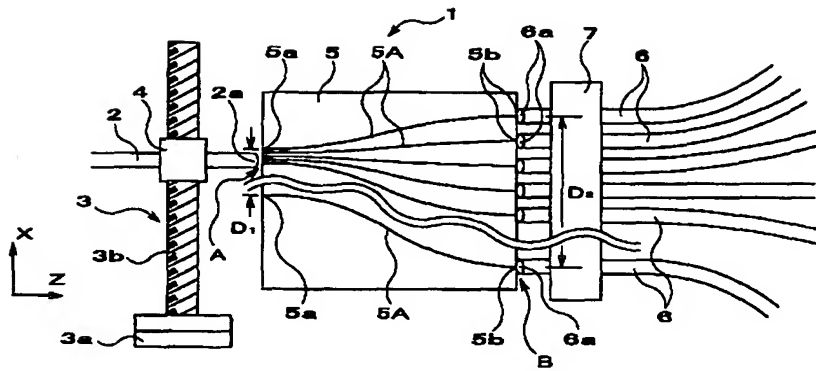
【図3】 本発明の第3の実施の形態を示すメカニカル光スイッチを表す模式図である。

【図4】 従来のメカニカル光スイッチを示す模式図である。

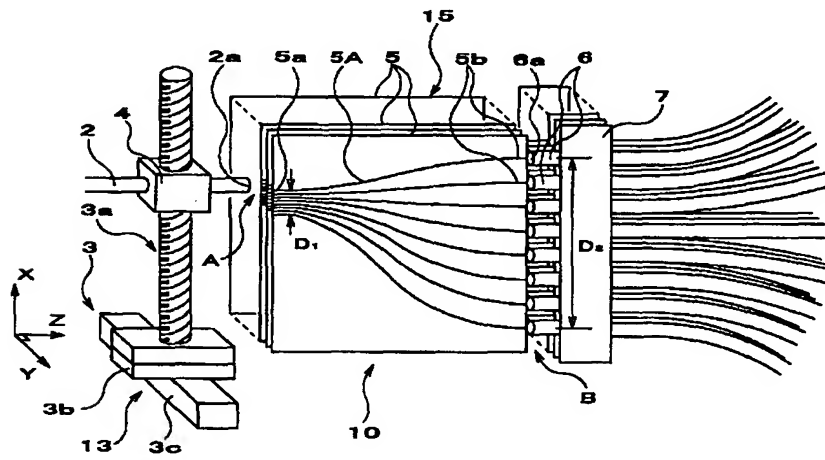
【符号の説明】

1, 10, 20	メカニカル光スイッチ
2, 22	入力光ファイバ
2a, 22a	出力端面
3, 23	入力光ファイバ移動装置
3a	X方向駆動部
3b	Z方向駆動部
3c	Y方向駆動部
4	入力光ファイバ固定部
5, 25	平面光導波路板
5A	光導波路
5a	入力光導波路口
5b	出力光導波路口
6, 26	出力光ファイバ
6a, 26a	入力端面
7	出力光ファイバ固定部
15	層状平面光導波路板

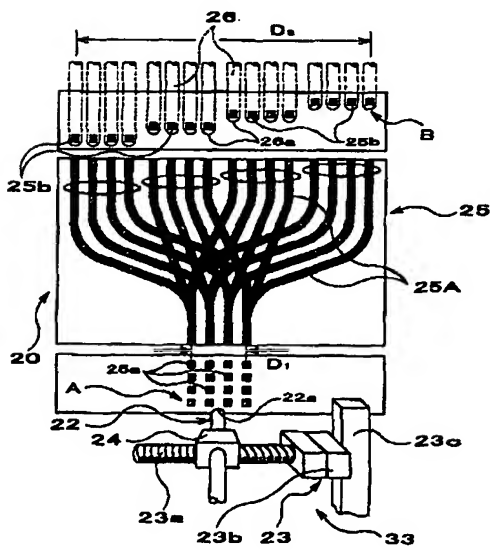
【図1】



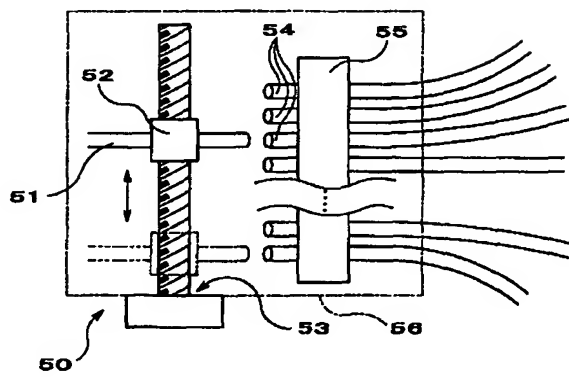
【図2】



【図3】



【図4】



!(7) 001-174725 (P2001-17@JL8

・ フロントページの続き

(72)発明者 圓佛 晃次
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 2H037 AA01 BA31 CA06 DA04 DA06
DA17 DA22
2H041 AA14 AB19 AC01 AZ03